

УДК 621.3

Володимир Медвідь, Ірина Бєлякова, Вадим Пісьціо

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО БАЛАСТУ З ПСЕВДО-ВИПАДКОВИМ КЕРУЮЧИМ СИГНАЛОМ ДЛЯ РОЗРЯДНИХ ЛАМП ВИСОКОГО ТИСКУ

Проведено моделювання вихідних сигналів електронного баласту з псевдо-випадковим живленням для роботи із розрядною лампою високого тиску. Отримано залежність максимальної амплітуди гармонік у вихідному сигналі та сигналі на лампі від властивостей генератора псевдо-випадкового сигналу. Приведені відповідні графіки амплітудно-частотних характеристик сигналів.

Ключові слова: електронний баласт, високочастотне живлення ламп високого тиску, псевдовипадковий сигнал, MicroCAP, PSpace.

Volodymyr Medvid, Iryna Belyakova, Piscio Vadim

NUMERICAL SIMULATION OF ELECTRONIC BALLAST WITH PSEUDO-RANDOM CONTROL SIGNAL FOR HIGH-PRESSURE DISCHARGE LAMPS

The electronic ballast with a pseudo-random output signal for high-pressure discharge lamps was simulated. The dependence of the maximum amplitude of the harmonics of the signal from the properties of the pseudo-random signal generator is obtained. The corresponding graphs of the amplitude-frequency characteristics of the output signal are given.

Keywords: electronic ballast, high-frequency power supply for high pressure discharge lamps, pseudorandom signal, microCAP, PSpace.

Для підвищення ефективності роботи комплексу пускорегулювальний баласт – газорозрядна лампа низького тиску тривалий час використовують електронні баласты, які працюють на високих частотах. Їх перевага - високий ККД, що значно перевищує аналогічний параметр електромагнітних баластів, можливість регулювання струму лампи в заданих межах, збільшення світлової віддачі. Використанню електронних баластів для ламп високого тиску на підвищену частоту заважає явище акустичного резонансу, що може виникнути у пальнику лампи при роботі на підвищеній частоті [1].

Явище акустичного резонансу призводить до того, що дуга всередині лампи може обертатись, мигати і навіть гаснути, коли баласт працює на частотах, що перевищують декілька кілогерц. Як встановлено, механічна добротність пальника, котра відповідає за резонансні явища у дузі є досить значною, тому на резонансні явища впливають сигнали із невеликого проміжку частот, котрий назовемо небезпечним. Якщо ж на лампу подавати широкосмуговий сигнал, то енергія розподілена у небезпечному проміжку частот буде малою і явища резонансу не виникнуть [2].

Блок-схема запропонованого пристрою, що реалізує такий принцип, показана на рис. 1. Вона складається із тактового генератора Gen, котрий генерує на своєму виході тактовий сигнал у вигляді меандру із частотою 10-25 кГц, цей сигнал поступає на вхід формувача модулюючої послідовності (Mod. Seq.) довжиною K біт і на подільник частоти на K (Div K), котрий формує сигнал синхронізації генератора псевдовипадкової послідовності на основі зсувного регістру із лінійним зворотнім зв'язком (LFSR - linear feedback shift register). Сигнал з виходу блоку LFSR $Y(t)$ і заповнюючий сигнал $g(t)$ об'єднуються між собою виключаючим-АБО (XOR). Отриманий вихідний сигнал поступає на ключовий підсилювач Amp., вихідний сигнал котрого $u(t)$ через LC контур,

та, при потребі, запалювальний пристрій, подається на лампу Н1.

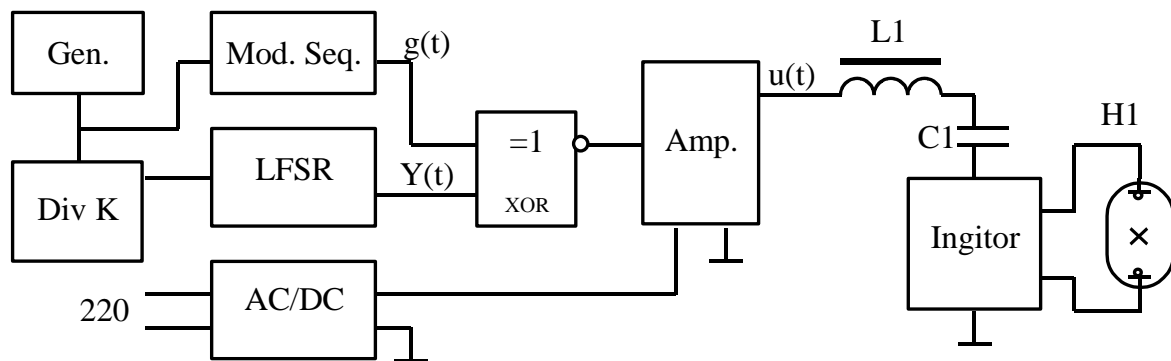


Рис. 1 Блок-схема запропонованого пристрою

Принципова схема, котра відповідає наведений структурній моделювалась у середовищі MicroCAP при різній розрядності регістра LFSR (рис 2). Для спрощення схеми моделююча послідовність рівна у всіх випадках 01, а коефіцієнт поділу частоти генератора стабільний і рівний 1. Схема, котра наведена на рисунку 2 використовувалась для моделювання при розрядності LFSR регістра у 11 біт. Комутація виходів зсувного регістра при інших довжинах регістра зсуву здійснювалась за законом поданим у таблиці 1.

Генератор U1 створює тактовий сигнал такої частоти, щоб середньоквадратичний струм лампи був рівний номінальному. Частота сигналу генератора, залежно від розрядності LFSR регістра наведений у таблиці 1.

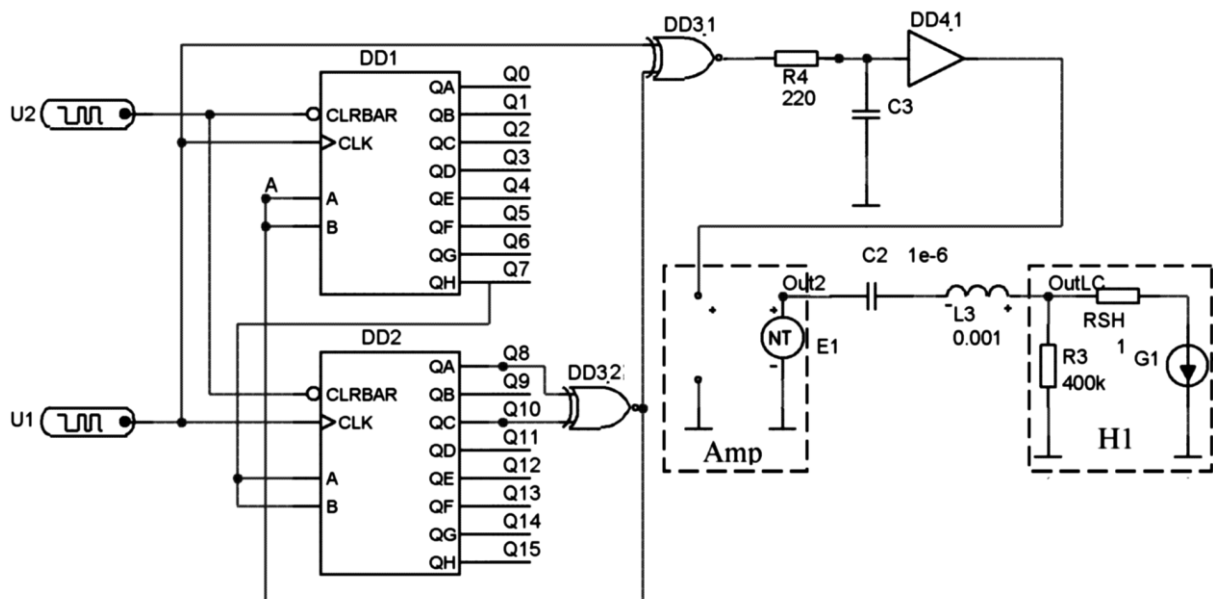


Рис. 2. Моделювання схема в MicroCap

Блок ключового підсилювача Amp моделювався за допомогою блока NTVofV для котрого поведінка вихідного сигналу задавалась табличною залежністю. Блок H1 моделює у першому наближенні розрядну лампу ДРЛ-80. Нелінійсть вольт-амперної характеристики лампи на високій частоті емпіричною аналітичною залежністю:

$$I = 1.4059 \cdot 10^{-7} u_{\text{л}}^3 - 9.0041 \cdot 10^{-7} u_{\text{л}}^2 + 4.5971 \cdot 10^{-3} u_{\text{л}}$$

Динамічна ВАХ лампи високого тиску була знята при макетуванні пристрою при подачі на лампу псевдо випадкового сигналу з відповідними параметрами.

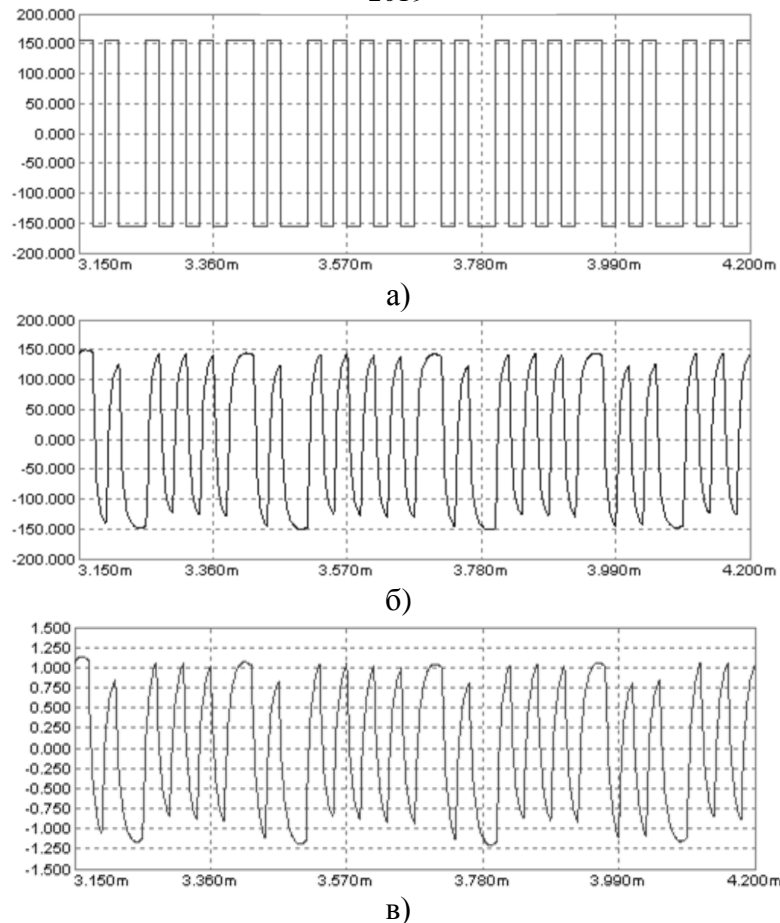


Рис. 3. Фрагмент осцилограми напруги на виході підсилювача (а), на розрядній лампі (б) та струму через лампу(в)

У процесі моделювання при довжині регістра LFSR у 11 бітів були отримані осцилограми на виході підсилювача, на розрядній лампі, та струму через лампу, котрі показані на рис. 3.

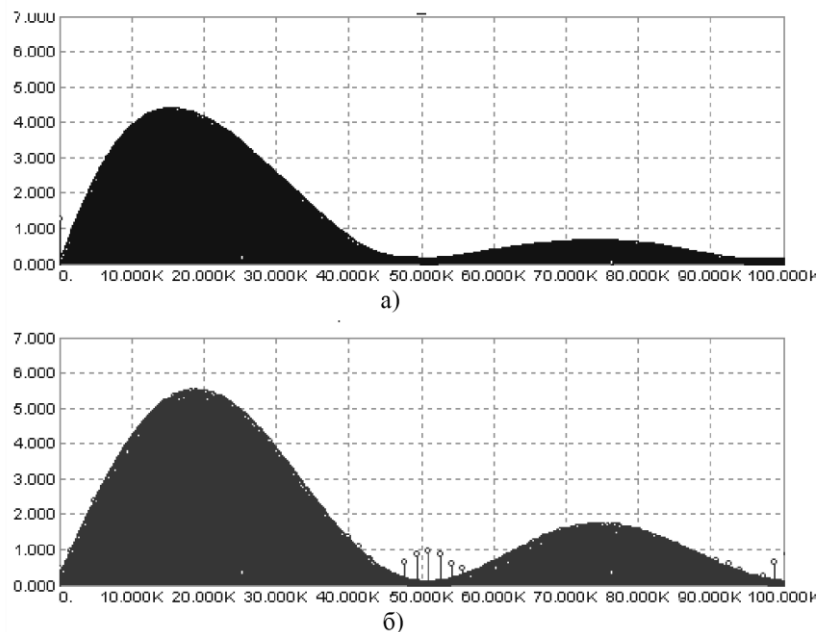


Рис.4. Амплітуди гармонік вихідного сигналу на вході розрядної лампи (а) та на виході відповідного підсилювача(б)

Амплітуди гармонік вихідного сигналу на вході розрядної лампи (а) та на виході

відповідного підсилювача (б) показані на рисунку 4.

Таблиця 1. Параметри зворотного зв'язку, частоти, амплітуд гармонік сигналів залежно від розрядності LFSR

| Розрядність LFSR | Закон формування сигналу зворотного зв'язку | Довжина послідовності | Частота генератора кГц | Амплітуда максимальної гармоніки напруги | | Максимальна амплітуда гармонік струму мА |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------------|------------|------------------------------------------|
| | | | | На виході схеми В | На лампі В | |
| - | Звичайний електронний баласт | | 17,8 | 199,6 | 158,6 | 1317,8 |
| 3 | $\overline{Q2} \oplus \overline{Q1}$ | 7 | 25,6 | 98,2 | 77,7 | 565,9 |
| 4 | $\overline{Q3} \oplus \overline{Q2}$ | 15 | 25,6 | 64,4 | 51,6 | 371,1 |
| 5 | $\overline{Q4} \oplus \overline{Q2}$ | 31 | 25,6 | 45,5 | 35,3 | 253,6 |
| 6 | $\overline{Q5} \oplus \overline{Q4}$ | 63 | 25,6 | 31,2 | 24,6 | 177,9 |
| 7 | $\overline{Q6} \oplus \overline{Q5}$ | 127 | 25,6 | 21,7 | 17,3 | 125,6 |
| 8 | $\overline{Q7} \oplus \overline{Q5} \oplus \overline{Q4} \oplus \overline{Q3}$ | 255 | 25,6 | 15,4 | 12,2 | 88,6 |
| 9 | $\overline{Q8} \oplus \overline{Q4}$ | 511 | 25,6 | 11,0 | 8,8 | 62,8 |
| 10 | $\overline{Q9} \oplus \overline{Q6}$ | 1023 | 25 | 7,8 | 6,1 | 44,8 |
| 11 | $\overline{Q10} \oplus \overline{Q8}$ | 2047 | 25 | 5,5 | 4,1 | 31,8 |
| 12 | $\overline{Q11} \oplus \overline{Q10} \oplus \overline{Q9} \oplus \overline{Q3}$ | 4095 | 25 | 3,95 | 3,06 | 22,3 |

Як видно із рис. 4 при довжині регістра LFSR у 11 бітів кожна гармоніка сигналу, котрий поступає на лампу не перевищує за амплітудою 4,5 В у всьому діапазоні частот від 0 до 100 кГц, хоча, як впливає із рис. 3 максимальне значення напруги на виході підсилювача становить 157 В. Отже пропонується схема при своїй простоті, дозволяє "розподілити" потужність вихідного сигналу на досить широкий діапазон частот зменшивши тим самим можливість виникнення резонансу пальника на деякій окремій частоті. Залежність максимальної амплітуди гармонік від довжини регістра LFSR подано у таблиці 1. Також для ілюстрації подано значення напруги на лампі і струму при роботі схеми від "звичайного" електронного баласту із прямокутним вихідним сигналом.

Як впливає з таблиці, у запропонованій схемі амплітуда небезпечних гармонік падає приблизно у 2 рази при збільшенні розрядності регістра на 2 біти і, теоретично, вже для 11-розрядного регістра зсуву може впасти більше ніж у 35 разів порівняно із живленням лампи від звичайного джерела височастотної напруги сталої частоти.

Література

1. Панфилов Д.И., Поляков В.Д., Поляков Ю.Д., Барышников А.Н. Электронные пускорегулирующие аппараты для трубчатых люминесцентных ламп// Инженерная микроэлектроника № 2, 1999 г. - с. 18-22,
2. Аналіз методів та схем запобігання виникненню явища акустичного резонансу в газорозрядних лампах високого тиску / Медвідь В., Беякова І., Пісьціо В.// Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали міжнародної науково-технічної конференції до 100-річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100-річчя з дня смерті), (Тернопіль, 23–24 травня 2018 року) - Тернопіль: ТНТУ, 2018. – с. 259-260.
3. Системы связи с шумоподобными сигналами. Варакин Л.Е. - М. Радио и Связь, 1985 - 384 с.